THÉORIE DU GNEISS ET DES TERRAINS CRISTALLOPHYLLIENS EN GÉNÉRAL.

PAR STANISLAS MEUNIER.

Les études que je poursuis depuis de nombreuses années sur le régime géologique des profondeurs de l'écorce terrestre et qui m'ont amené à une conception personnelle du mécanisme volcanique[1] m'ont mis progressivement dans la nécessité de formuler quelques conclusions sur les traits les plus généraux du métamorphisme sédimentaire, ou normal, et sur le mode de formation des roches cristallophylliennes. La distance qui sépare le volcanisme du métamorphisme est d'ailleurs, selon moi, beaucoup moins considérable qu'on ne l'imagine quelquefois, au point que j'y vois avant tout deux formes d'une même disposition générale naturelle.

Dans mon opinion, en effet, le volcanisme et le métamorphisme sédimentaire résultent l'un et l'autre de la collaboration de deux facteurs également indispensables: d'un côté le pénétration souterraine de l'eau et des matières comparables, en circulation dans des régions à température convenablement élevée; et d'autre part, la réduction des roches imprégnées, en fragments de toutes grosseurs, par le moyen de réactions mécaniques engendrées dans la substance de la croûte par la contraction spontanée du noyau fluide sous-jacent.

Le développement simultané de ces deux actions et la combinaison, à chaque instant réalisée, de leurs effets procure l'explication de tout ce qui concerne la manière d'être, la composition et la variété des roches métamorphiques, en même temps qu'ils rendent compte de tout ce qui a trait au phénomène éruptif.

A cet égard, et pour préciser la discussion, il est indispensable d'éliminer un point de vue qui a cependant, un temps, rallié tous les suffrages et dont il sera facile de démontrer l'inexactitude. C'est de faire des roches cristallophyliennes les produits d'une fusion ignée, toute pareille à celle qu'on réalise en chauffant des creusets dans les fourneaux.

Dans le nombre des travaux de ce genre, nous devons faire une place aux recherches que MM. Fouqué et Michel Lévy ont poursuivies de 1878 à 1891 et dont ils ont exposé la signification dans

[1] *La Nature* du 24 mai 1902, p. 386, Paris.

leur ouvrage intitulé *Synthèse des Minéraux et des Roches*, p. 45 (Paris, 1882). "Nous avons entrepris," disent-ils, "une série d'expériences dont le résultat est d'augmenter considérablement le domaine de la fusion purement ignée. Les conclusions à tirer de nos recherches peuvent en effet se résumer comme il suit: un grand nombre de roches éruptives anciennes et modernes doivent leur origine à l'action exclusive d'une fusion, suivie d'un lent refroidissement, les fumerolles et les agents volatils ne produisant que la décomposition ultérieure des minéraux primitifs de ces roches, leur action est purement secondaire." Conclusion formelle qui repose sur ce raisonnement que, si une expérience donne naissance à un produit semblable à un minéral naturel, la méthode mise en œuvre par l'expérimentateur coïncide nécessairement avec le mode opératoire de la nature. Or, c'est là une incontestable imprudence.

Je sais bien que la fusion ignée a fourni maintes "synthèses" de haute valeur pour la chimie et même pour la minéralogie; je sais bien que Mitscherlich a démontré l'identité, avec la fayalite ou péridot ferrugineux, de certains cristaux contenus dans des laitiers métallurgiques; Ebelmen a imité, dans leurs composition et dans leur forme, le rubis balai et les autres spinelles, en faisant évaporer la solution de leur constituants dans l'acide borique, fondu au feu des fours à porcelaine; que Hautefeuille a préparé des cristaux de feldspath orthose de la même façon, en employant comme dissolvant le molybdate de potasse liquéfié par la chaleur rouge; que bien d'autres succès ont été obtenus dans la même voie par bien d'autres expérimentateurs et pour bien d'autres minéraux. Mais ces résultats ne comportent aucune conséquence dont puisse profiter la Géologie. En conclure que les minéraux mentionnés sont des produits de fusion sèche naturelle c'est une erreur contre laquelle je n'ai jamais cessé de protester, bien que la plupart des géologues aient continué longtemps à croire à l'origine des roches cristallophylliennes par la voïe purement plutonique.

Quelques-uns cependant y admettent un tempérament[2] par la collaboration de "vapeurs montant de l'intérieur, véritables colonnes filtrantes apportant, avec divers gaz, des silicates et des borates alcalins." L'auteur ne dit pas d'où viennent ces collaborateurs si opportuns, ni comment ils se sont conservés en profondeur jusqu'au moment d'intervenir, ni par quel procédé ils peuvent traverser les roches fondues superposées et y remplacer

[2] M. Termier, C. R. du XIe Congrès géol. intern. PP. 592 et 593 in 8° Stockholm 1910.

d'anciens éléments par des "éléments juvéniles." Ajoutons qu'en 1899, MM. Fouqué et Michel Lévy[3] sont revenus sans paraitre l'en apercevoir eux mémes sur leurs assertions précédentes, en relatant des résultats procurés par le recuit de verres de granit *dans l'eau suréchauffée.*

Sans contester la ressemblance des résultats artificiels avec des minéraux natifs, il reste indispensable de constater que la structure microscopique des roches cristallophylliennes est en réalité, et quoi qu'on ait souvent supposé, incompatible avec l'hypothèse de la fusion ignée.

Nous savons par les expériences de Sénarmont[4] et de ses successeurs que, par l'effet combiné de la chaleur et de la pression, l'eau remanie la substance terreuse des sédiments et la convertit en minéraux cristallisés semblables à ceux dont sont faits les terrains cristallophylliens. Nous savons aussi que, pour obtenir ces résultats, il suffit que l'eau suréchauffée soit portée à une température incomparablement plus faible que celle où fondraient les matières modifiées: c'est à 300° seulement que Daubrée, par la décomposition du verre dans l'appareil de Sénarmont, a fait cristalliser le pyroxène diopside, comme Sénarmont avait déjà fait cristalliser le quartz. Nous savons enfin, par l'étude des blocs de calcaires stratifiés, rejetés en mélange avec les produits volcaniques de la Somma,—après leur séjour éphémère en certains points du laboratoire souterrain,—que le régime de celui-ci y a engendré des séries de minéraux comparables à ceux que l'eau suréchauffeé sait produire.

Toutefois, il faut convenir que les résultats de Sénarmont, considérés en eux seuls, et quelque admirables, qu'ils doivent nous apparaîte, ne sont pas suffisants pour rendre compte de la différence ordinaire de composition entre les roches sédimentaires et les roches cristallines. A la place d'assises formées, chacune pour son compte, de calcaire, ou de sable, ou d'argile, ou de gypse, ou de limonite, ou de houille, etc., nous trouvons des masses dont chaque centimètre cube est d'une complication minéralogique extrême, où des minéraux très divers sont associés intimement, témoignant avant tout d'un régime où devaient prédominer les causes de mélange, au lieu des actions de triage, génératrices des dépôts stratifiés. Pour concevoir dans ceux-ci le point de départ de la dérivation des roches cristallines, il faut évidemment faire intervenir des àctions mécaniques rapprochant les uns des autres des matériaux tout d'abord très distants et désor-

[3] Bull. Soc. Géol. Fr. (4) XXIV, 129.
[4] Ann. Chim. et Phys. (7) XXX, *passim.*

ganisant des accumulations homogènes, pour en éparpiller les débris plus ou moins loin.

Il ne faut pas oublier à cette occasion que le mélange en proportions convenables des roches sédimentaires les plus communes, fournit à l'analyse la même composition chimique que les roches cristallines. Et c'est pourquoi nous assistons parfois et, par exemple, dans l'epaisseur de houillères, qui, comme à Commentry ont éprouvé suffisamment longtemps un embrasement accidentel, des produits imitant, en tout ou en partie, pour leur composition minéralogique, des roches éruptives de la catégorie des laves.[5]

Or, c'est précisément cet ensemble de réactions qui parait avoir laissé ses traces dans la substance des formations métamorphiques et cristallophylliennes. Malgré la dimension gigantesque de ces formations, c'est dans l'intimité de leur structure qu'on doit espérer retrouver, comme à la piste, les conditions mêmes de leur élaboration.

D'ailleurs, tout le monde est d'accord à ce sujet, au point qu'à première vue, la remarque semble bien inutile. Elle n'est cependant pas aussi banale qu'elle peut le paraître tout d'abord, car il n'y a certainement pas de chapitre des sciences géologiques qui ait été aussi activement étudié que l'examen microscopique des roches cristallines préalablement réduites en lames minces. Les savants les plus distingués, voire les plus illustres, ont à l'envi collaboré à ses progrès et les résultats acquis sont de première valeur pour l'analyse des roches et pour leur détermination minéralogique. Mais au point de vue géogénique, ils ont été déformés par l'idée préconçue de la fusion ignée.

Il peut sembler étrange qu'on vienne dire en face à la légion innombrable des lithologistes: "Vous décrivez inlassablement les roches les plus variées et cependant, tout en y récoltant des moissons infiniment précieuses de faits capitaux, vous ne les avez pas comprises. Vous avez méconnu le caractère essentiel de la substance minérale, qui est d'être en proie, de la manière la plus continue, à des modifications de composition et de structure; qui se défait et se refait sans cesse par des phénomènes si internes qu'ils ne peuvent être comparés qu'a ceux d'où résulte la biologie des tissus des plantes et des animaux. . . ." C'est pourtant ce que je viens faire aujourd'hui, après avoir hésité des années.

On reconnaîtra, en effet, que les masses ramenées à la surface du sol par les bossellements généraux, après avoir subi le régime des

[5] Etudes sur Commentry, par Henri Fayol. Livre Ier 4e partie, p. 618. *Roches altérées par les incendies de mines*, par Stanislas Meunier. Saint-Etienne, 1887.

laboratoires souterrains, sont avant tout, et au pied de la lettre, *des produits de trituration,* résultant des fins débris de matériaux très divers, malaxés et pétris les uns avec les autres, puis cimentés entre eux par une substance conjonctive de composition variable.

Aussi a-t-on, certe, bien le droit de s'étonner qu'une pareille structure, si bien reconnue et si bien décrite par tous les lithologistes du monde entier, n'ait pas fait rejeter depuis longtemps une hypothèse très antérieure à toute notion histologique des roches. Notons cependant en passant que des faits, bien anciennement aperçus proclamaient, jusque dans les laves volcaniques; et au moment même de leur extravasement sur le sol, un état différent de la fusion proprement dite. On avait constaté, dans le sein de la masse fluide, des grains déjà parfaitement solides, cristallins, ayant même subi des détériorations, à la suite de chocs et de froissements. C'est pour consacrer cette circonstance si imprévue que Haüy a appliqué au plus visible des minéraux dont il s'agit, le nom caractéristique de *pyroxène:* étranger au feu.

Pour nous, ce nom exprimera le mode de formation du minéral par voie mixte (eau suréchauffée) et nous le traduirons par: étranger à la fusion du creuset (voie sèche). C'est comme si Haüy avait eu l'intuition de la vérité qui éclate aujourd'hui, et le microscope nous montre maintenant que les minéraux plus fins que les gros pyroxènes n'ont pas, plus qu'eux, été formés par fusion sèche. Comme eux, ils ont été amenés en grains plus ou moins fragmentaires, anguleux ou émoussés, associés à des fluides, liquides, vapeurs et gaz comprimés, qui imprégnaient le magma général.

Non seulement la structure des roches cristallines résulte du mélange de minéraux dont le point de fusion, généralement très élevé, est très variable de l'un à l'autre; non seulement elle admet en contact les substances qui, comme le quartz et le péridot, auraient par fusion réagi les unes sur les autres et donné du pyroxène par la transformation du *proto* en *bisilicate de magnésie;* mais encore elle s'accommode, comme nous venons de le dire, de la réduction de l'immense majorité des minéraux constituants en fragments souvent anguleux, à cassures vives et non émoussées, si énergiquement séparés les uns des autres que l'on n'y voit que très exceptionnellement des formes qui, à la rigueur, pourraient se raccorder. En outre, de tous côtés, se présentent des plages, de quartz, par exemple, dans la substance desquelles de très petits débris de minéraux concassés sont très exactment empâtés,—à peu près comme les éléments des *brèches* des filons concrétionnés.

La raison de cet état de choses nous apparaît comme très compréhensible, par l'examen de phénomènes que nous ne pouvons considérer comme transitoires, puisque leur série compose précisément un acheminement vers lui. Ils sont procurés par des roches sédimentaires peu métamorphisées et dont les couches ont été seulement contournées, comme il en existe beaucoup dans les régions marginales des montagnes.

Dans le canton de Vaud, par exemple, à Brent, auprès de Montreux, j'ai recueilli des crochons de calcaire argileux du lias, où l'on voit nettement que la torsion des couches, du reste à très petite courbure, a été réalisée, malgré le manque absolu de plasticité du calcaire.[6] Le calcaire a été broyé par la déformation, mais les débris, parfois très petits, ont été exactment maintenus en place par leur emballage entre les couches voisines et la circulation des eaux souterraines dans le réseau des fisssures produites, a comblé ces dernières par la concrétion lentement opérée, de calcite et de quartz cristallins. Le phénomène s'est sans doute reproduit une série de fois et c'est ainsi que la roche s'est progressivement repliée d'une manière très serrée, jouissant d'une *fausse plasticité*, de tout point comparable à celle qui permet à la glace des glaciers de se mouler sur la forme des vallées, dont ceux-ci occupent le thalweg.

Le résultat, produit sur une échelle relativement faible dans la roche argilo-calcaire de Montreux, s'est developpé avec une intensité incomparable dans le gneiss et dans les roches analogues, où le développement de la schistosité, comme la production de plis et de contournements inextricables, s'est accompagnée de la pulvérisation et de la cimentation alternatives des fragments produits et de plus en plus écartés les uns des autres, par le mouvement véritablement péristaltique qui accompagne la progression souterraine des lames de charriage.

En général, les géologues qui ont étudié les lames de charriage ne se sont guère préoccupés d'expliquer leur mise en mouvement, de définir l'origine de la force qui les a déplacées, ni de préciser si leur progression a eu lieu en profondeur ou à la surface du sol. M. Termier, sans décider la question, laisse cependant soupçonner sa préférence pour cette dernière alternative:[7] "Pour mon compte," dit-il, "je ne puis pas ne pas croire au passage sur le Briançonnais, après la constitution de l'éventail, d'une masse pesante allant de l'E. à l'O. . . .

---

[6] *Le Naturaliste* du 15 août, 1897, p. 185, Paris.

[7] Quatre coupes à travers les Alpes franco-italiennes, pp. 427 et 428, *in Bull. Soc. Géol. Fr.* (4) II. 1902—Paris.

La masse pesante qui aurait ainsi rampé sur le Brianconnais, faisant l'office d'un traîneau écraseur . . . etc." Je me borne à noter que la coupe, que j'ai insérée en 1902, dans le journal *La Nature*, conformément à l'indication donnée au début du présent travail, ne laisse aucune incertitude quant à mon opinion personnelle. Elle met sous les yeux du lecteur, le développement d'un phénomène souterrain, dont la cause dynamique est toute trouvée dans la contraction même du noyau terrestre. Par cette coupe, on s'explique comment la superposition de terrains anciens sur des terrains plus récents, est le régime ordinaire,—parce qu'il est nécessaire,—des régions montagneuses; comment des paquets de roches supportés, par une géoclase faiblement inclinée sur l'horizon et surmontée de massifs énormes et puissamment pesants, out sû gravir peu à peu la rampe qui se présentait devant eux et, au moins en certains cas, abandonner leurs "racines"; comment ils ont dû infliger à leur support, et subir eux-mêmes, des plissements, des ruptures et des écrasements, mélangeant des débris de leure parties séparées.

En général aussi, on raisonne comme si le phénomene mécanique était complètement distinct du phénomène métamorphique et comme si, par conséquent, une masse gneissique charriée à un nombre quelconque de kilomètres de son point de départ, pouvait être restée identique à ce qu'elle était à ses débuts. M. Termier a écrit.[8] "Les actions mécaniques *déforment;* elles ne *transforment* pas. Si l'on veut, comme moi, réserver le nom de métamorphisme à une cause capable de changer sur d'énormes épaisseurs et d'immenses étendues, un terrain quelconque en une véritable série cristallophyllienne, il n'y a pas de métamorphisme purement dynamique, il n'y a pas de dynamo-métamorphisme." Tout le monde sait bien que les actions mécaniques qui déforment, en même temps échauffent et, dès lors, elles peuvent et doivent déterminer des effets chimiques au sein des masses où elles s'exercent, de telle sorte que l'assertion que nous venons de citer nous apparaît comme la méconnaissance absolue du phénomène naturel. C'est de la même cause que résulte l'erreur, encore professée généralement, quant aux conditions chimiques dans lesquelles ont été élaborées, et s'élaborent encore, les roches métamorphiques, aussi bien que les roches volcaniques.

Rappelons que les unes et les autres constituent une longue série de types, réunissant les masses initiales de condensation gazeuse aux dépôts sédimentaires même les plus récents. Cette liaison qui,

[8] Sur la genèse des terrains cristallophylliens C. R. *XI*[e] *congr. géol. intern.* p. 588, Stockholm 1910.

en écartant la tentation d'admettre des interruptions dans l'évolution planétaire, comporte la plus haute signification philosophique, permet de suivre pas à pas les transformations d'une vase sablo-argileuse en schiste ardoiser, en micaschiste et en gneiss: évolution qui n'est qu'un détail du développement normal de la terre. Ainsi apparaît la finalité du métamorphisme, qui permet l'évolution planétaire sans altération des conditions de continuité à la surface, et par une circulation verticale ou *orogénique* de la matière des roches.

La pénétration de l'eau en profondeur résulte surtout de l'ensevelissement progressif de chaque sédiment sous l'empilement des dépôts qui lui succèdent.

Les matériaux de recouvrement exercent en effet, sur le sédiment choisi comme exemple, des effets complexes: par leur poids, ils lui donnent, suivant les cas, plus ou moins de compacité et le privent d'une fraction plus ou moins grande de son eau d'imbibition initiale; par leur faible conductibilité calorifique, ils lui conservent un échauffement qui va en augmentant au fur et à mesure des progrès de l'enfouissement.

Mais il importe extrêmement de constater, et nous ne saurions trop y insister, que le milieu rocheux sur lequel va s'exercer la collaboration des solutions souterraines et de la chaleur, est soumis à un régime essentiellement mécanique. Par suite des circonstances déjà indiquées, il éprouve des compressions inégales suivant les point et diversement orientées. La pesanteur, qui détermine la compacité, purement sédimentaire, et qui agit de haut en bas, doit se composer avec les poussées tangentielles dérivant de la contraction du noyau et dont la direction peut être considérée comme horizontale. En outre, les réactions internes développent, soit des contractions, soit des dilatations, localisées les unes et les autres et variables selon les moments. De telle sorte, qu'indépendamment des déplacements en masses, dont la progression des lames de charriage est la forme la plus visible, il faut considérer le déplacement relatif des éléments rocheux. Il n'y a pas d'autre raison à chercher de l'état, avant tout craquelé, des fissures microscopiques qui se croisent en tous sens avec des largeurs et des longueurs diverses. On explique de même l'état fragmentaire de tous les minéraux et la relation de contacts, souvent imprévus, des éclats dans lesquels ils ont été réduits. En un mot, la pression mécanique vient s'associer, de la façon la plus nécessaire, à la pression physique des fluides d'imprégnation soumis à la température des profondeurs, pour constituer le milieu *piézothermique*, où s'accomplissent tous les travaux du méta-

morphisme et où a lieu, comme cas particulier, la genèse des terrains cristallophylliens.

L'ensemble des fissures microscopiques, qui constitue le fait le plus frappant des roches qui nous occupent, est comparable à un réseau capillaire, dans lequel les fluides de profondeur, eau suréchauffée et autres, circulent avec une activité incessante et variable suivant les points et les instants. Parmi les réactions qui s'y développent et qui font assister l'esprit à une sorte d'*intussusception* rappelant celle des tissus organiques, on doit mentionner les précipités de matériaux, en lacis conjonctifs, des débris dérivant de l'écrasement. Et c'est pour cela que, dans les granits, par exemple, les gneiss, les micaschistes, on voit de toutes parts de petits éclats de mica, inclus dans des plages de quartz et d'autres substances, sans que la netteté de leurs cassures ait été en rien altérée par un émoussement ou par un bourrelet, tels qu'en produirait la situation dans un bain de cristal de roche en fusion.

Il va de soi qu'il faut compter, dans les causes de modification de ces phénomènes,—outre la variation de composition des courants minéralisateurs, provenant de localités changeantes,—les déplacements verticaux déterminés par les bossellements généraux, c'est-à-dire la progression souterraine des lames de charriage. Pendant l'ascension vers la surface, les conditions du milieu ambiant s'adoucissent et les travaux minéralogiques internes se restreignent jusqu'à s'arrêter. Mais la subsidence compensatrice de segments voisins, transporte dans ceux-ci les conditions mêmes que nous venons d'indiquer. De sorte que nous ne pouvons douter de l'existence au moment précis où nous sommes, et dans des lieux convenablement situés, de toutes le sconditions nécessaires à l'élaboration des gneiss et des roches connexes.

On voit donc que la "cataclase" intense et ininterrompue des masses cristallophylliennes présente une importance véritablement dominatrice dans toute l'économie planétaire. Celle-ci a, comme moteur décisif, l'association des actions mécaniques aux influences chimiques et thermiques qu'on a considéres jusqu'à ce moment comme seules indispensables, niant complètement la part du dynamisme. Répétons que c'est seulement à cause du broyage et du rebroyage incessants des roches en voie d'évolution, que des agents chimiques, véritables fluides interstitiels des éléments minéralogiques, peuvent, par une circulation quasi-moléculaire, aller extraire peu à peu des roches les principes caractéristiques des dépôts sédimentaires comme le calcaire, pour y engendrer et y substituer, par une véritable

synthèse, les minéraux cristallophylliens, comme les feldspaths et les autres silico-aluminates alcalins et terreux. En 1893, M. Lepsius prétendait,[9] distinguer des *Klastogneiss* des gneiss ordinaires; cette division est complètement illusoire; on doit y renoncer: il n'existe que des gneiss de dislocation.

En définitive, on est en mesure maintenant de suivre toutes les phases de l'évolution lithogénique, depuis le dépôt qui s'accumule au fond d'un bassin sédimentaire, à travers tous les types métamorphiques, jusque au gneiss et au granit.

Le travail souterrain, contrepartie exacte des fonctions superficielles, reconstitue ainsi la manière de *minerai* d'où celles-ci tirent les substances simples des assises stratifiées. C'est la constatation d'un cycle continu, déjà soupçonné par Lyell, et les géologues qualifiés d'*actualistes,* et auquel le point de vue *activiste*[10] donne une allure et une portée toutes nouvelles.

Il importe d'ajouter que la cataclase est un phénomène beaucoup plus considérable encore que, les faits précédents malgré leur ampleur, ne le feraient supposer. Je tiens, en terminant ce travail, à préciser le rôle de ce phénomène dans l'histoire des roches extraterrestre, tenant à ne pas laisser passer cette occasion de souligner, par un exemple spécialement frappant, la portée philosophique et la fécondité éducatrice de la Géologie Comparée.

La structure bréchiforme d'un grand nombre de météorites a frappé tous les observateurs, qui cependant n'en ont pas compris la haute signification. MM. Fouqué et Michel Lévy ont pensé en dévoiler la cause: "La fréquence de ce phénomène (les brèches microscopiques) dans les météorites peut être, disent-ils,[11] rapportée, soit à un mouvement explosif, qui les a lancées dans l'espace, soit à l'énorme pression qu'elles subissent en traversant l'atmosphère terrestre, soit même à l'agglutination de parties individuellement formées par l'action ignée." Voilà, on en conviendra, un bien grand luxe d'explications pour un seul phénomène. Chacune des trois hypothèses pèche cependant par la base et leur réunion témoigne surtout chez leurs auteurs d'une ignorance absolue de l'économie générale des météorites, dont ils n'avaient sans doute étudié que quelques spécimens séparés et pris au hasard.

Pour ma part, et après les notions que je viens de résumer, sur l'histoire des terrains cristallophylliens, je n'hésite pas à declarer

---

[9] Ein Beitrag zur Lehre von Metamorphismus des Gesteines, in 8° Berlin.
[10] Stanislas Meunier: l'Activisme: in *Le Naturaliste* du 1e avril 1902 (Paris).
[11] Synthèse des Minéraux et des Roches, p. 41.

que la constatation, si banale, de la cataclase chez les météorites doit être rangée parmi les faits les plus éloquents qui conduisent à reconnaître, dans les blocs de roches tombant du ciel, des débris provenant d'un seul et même organisme planétaire ayant évolué exactement comme notre globe lui-même. Seules, en efet, les réactions actuellement en cours dans la masse terrestre sont capables d'expliquer les détails de l'histologie météoritique. La cataclase, étendue à l'histoire des météorites, est un argument nouveau et décisif pour démontrer la réalité des initiales relations stratigraphiques des divers types de roches cosmiques.

Il y a même plus encore; si l'observation de la croûte terrestre éclaire ainsi leur histoire, ces roches à leur tout permettent de préciser, dans le mécanisme du broyage orogénique, des détails que les roches terrestres étudiées seules sont en général impuissantes à nous révéler. Ce sont certaines météorites métalliques, dont la malléabilité a permis l'inscription, dans leur substance, de réactions mécaniques dont s'est accompagné leur broyage durant les efforts tangentiels de la contraction, ou systole planétaire.

Sans m'arrêter au cas bien connu de véritables failles avec rejets, comme en montrent les fers de Mukerop (Afrique Australe) et d'Arispe (Sonora), j'ai en vue des masses, d'apparence continue à l'œil nu, et dont la structure est cependant comparable à celle de nos roches cristallophylliennes.

Telle est la syssidère de Kodaïkanal (Indes Anglaises) dont le témoignage est probant. L'expérience de Widmanstatten y fait apparaître une structure que M. le docteur Latteux a rendue plus facile à interpréter par des photographies à 25 diamètres. Elle consiste dans un agrégat, ou brèche, de grains métalliques empâtant des enclaves lithoïdes, dont nous ferons abstraction. Les grains métalliques appartiennent à deux espèces, lithologiques bien caractérisés par la disposition relative des alliages, ou sidéronickels, qui y sont associés et qui manifestent de toutes parts des déformations internes rappelant celles que le martelage ou le laminage infligent aux fers météoriques préalablement chauffés. Ces déformations sont pour nous des stéréogrammes des compressions et des étirements éprouvés, que fait ressortir leur liaison intime avec un réseau de micro-fissures rappelant de très près celui des roches terrestres décrit précédemment. Le plus souvent courbes et anastomosées de la façon la plus capricieuse, elles sont tantôt fines et seulement remplies de matériaux charbonneux, graphite ou cohénite, tantôt plus larges et occupées par des veines complexes et rubanées. Les

délinéaments, rendus visibles sur les sections polies par l'action des acides, nous font assister à toutes les étapes de la désorganisation mécanique des "figures" et nous permettent d'imaginer dans les grandes lignes l'allure du broyage orogénique.

J'arrêterai ici, pour ne pas abuser de la bienveillance de l'illustre Academy of Natural Sciences of Philadelphia, la série des faits qui appuient la conclusion de mes études sur les actions mécaniques dont l'épaisseur de la croûte planétaire est le théâtre d'une manière ininterrompue. Comme on vient de le voir, les effets en sont prodigieusement différents par leurs dimensions d'un point à un autre, depuis le charriage en masse dont le massif du Mont-Blanc tout entier paraît ne représenter qu'un résidu fort diminué, jusqu'au craquellement presque moléculaire, en tout cas microscopique, des éléments minéralogiques des roches de tous âges et de toutes catégories, qui parviennent progressivement à la condition cristallophyllienne.

L'admission de l'activité mécanique parmi les facteurs essentiels de la vie planétaire, est d'autant plus nécessaire que la cause même de cette dépende d'energie éclate à nos yeux avec plus d'évidence. Le refroidissement spontané du noyau terrestre ne peut pas se poursuivre sans déterminer le retrait, à tendance centripète mais à manifestations tangentielles, qui refoule sans relâche la croûte à peine formée. Les conséquences de ce remaniement n'acquièrent la totalité de leur signification qu'au prix de la collaboration des pressions engendrées par le réchauffement souterrain de régions rocheuses, préalablement pourvues, comme on l'a dit, de matériaux élastiques qui savent faire de celles-ci, par l'élévation de leur température, des agents d'actions mécaniques centrifuges.

Ces travaux se réalisent selon un mode opératoire harmoniquement cordonné avec toutes les nécessités de la vie planétaire, abstraction faite, bien entendu des conséquences individuelles qui en résultent fatalement. Car nous devons chercher à nous dégager du point de vue personnel, pour admirer l'ordonnance majestueuse de ces choses, dont seuls, parmi toutes les créatures, nous sommes admis à contempler l'ensemble.